

## Magnetic recording media with antiferromagnetically coupled ferromagnetic films as the recording layer

Patent Number: US6280813  
Publication date: 2001-08-28  
Inventor(s): FULLERTON ERIC EDWARD (US); SCHABES MANFRED ERNST (US); CAREY MATTHEW JOSEPH (US); GURNEY BRUCE ALVIN (US); ROSEN HAL JERVIS (US)  
Applicant(s):: IBM (US)  
Requested Patent: JP2001148110 (JP01148110)  
Application Number: US19990416364 19991008  
Priority Number(s): US19990416364 19991008  
IPC Classification: B32B3/02 ; G11B5/66 ; G11B5/70  
EC Classification:  
Equivalents: CN1291769, GB2355018

### Abstract

A magnetic recording medium for data storage uses a magnetic recording layer having at least two ferromagnetic films antiferromagnetically coupled together across a nonferromagnetic spacer film. The magnetic moments of the two antiferromagnetically-coupled films are oriented antiparallel, and thus the net remanent magnetization-thickness product (Mrt) of the recording layer is the difference in the Mrt values of the two ferromagnetic films. This reduction in Mrt is accomplished without a reduction in the thermal stability of the recording medium because the volumes of the grains in the antiferromagnetically-coupled films add constructively. In a magnetic recording rigid disk application, the magnetic layer comprises two ferromagnetic films, each a granular film of a sputter deposited CoPtCrB alloy, separated by a Ru spacer film having a thickness to maximize the antiferromagnetic exchange coupling between the two CoPtCrB films. One of the ferromagnetic films is made thicker than the other, but the thicknesses are chosen so that the net moment in zero applied magnetic field is low, but nonzero

Data supplied from the esp@cenet database - I2



Home



Search



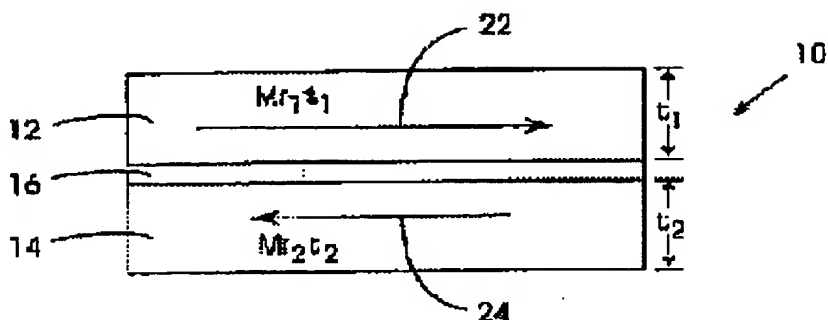
List

☐ Include**MicroPatent® PatSearch FullText: R cord 1 of 1**

Search scope: EP-B JP ; Title or Abstract

Years: 1971-2002

Text: Patent/Publication No.: JP2001148110

[Order This Patent](#)[Family Lookup](#)[Citation Indicators](#)[Go to first matching text](#)

JP2001148110 A

MAGNETIC RECORDING MEDIUM

INTERNATL BUSINESS MACH CORP &lt;IBM&gt;

Inventor(s): CAREY MATTHEW JOSEPH ;FULLERTON ERIC EDWARD ;GURNEY BRUCE ALVIN ;ROSEN HAL JERVIS ;SCHABES MANFRED ERNST

Application No. 2000307398 JP2000307398 JP, Filed 20001006,A1 Published 20010529Published 20010529

**Abstract:** PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic recording medium for keeping good thermal stability and SNR and supporting ultra high-density recording.

**SOLUTION:** This magnetic recording medium for a data storage device is constituted of at least two magnetic recording layers of ferromagnetic films, which are adhered to each other in an antiferromagnetic manner, while interposing a nonferromagnetic spacer film. Magnetic moment of one ferromagnetic film works in the direction antiparallel to that of the magnetic moment of the other ferromagnetic film. The balanced magnetic moment is shown as the difference between  $M_{rt}$  values of two ferromagnetic films, when the magnetic moment is shown by net product ( $M_{rt}$ ) of residual magnetism ( $M_r$ )

and thickness (t) in the magnetic recording layer. The decrease in Mrt is achieved, while the thermal stability of the recording medium is not deteriorated, because the volume of particles in ferromagnetic films adhered to each other in an antiferromagnetic manner is increased constructively. Very sharp magnetic transitions can be achieved by the reduced antimagnetic field and higher density of the bit lines can be obtained in this medium as a result.

Int'l Class: G11B00566; G11B00565 G11B005673 G11B005738 H01F01026

Priority: US 1999 416364 19991008

MicroPatent Reference Number: 000148046

COPYRIGHT: (C) 2001JPO



Home



Search



List

---

For further information, please contact:  
[Technical Support](#) | [Billing](#) | [Sales](#) | [General Information](#)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-148110  
(P2001-148110A)

(43) 公開日 平成13年5月29日 (2001.5.29)

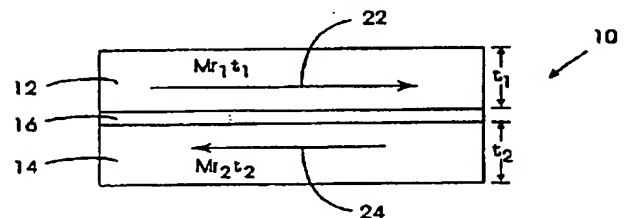
(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
G 1 1 B 5/66		G 1 1 B 5/66	
5/65		5/65	
5/673		5/673	
5/738		5/738	
H 0 1 F 10/26		H 0 1 F 10/26	
		審査請求 有	請求項の数19 O L (全 7 頁)
(21) 出願番号	特願2000-307398 (P2000-307398)	(71) 出願人	390009531 インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州 アーモンク (番地なし)
(22) 出願日	平成12年10月6日 (2000.10.6)	(74) 代理人	100086243 弁理士 坂口 博 (外2名)
(31) 優先権主張番号	09/416364	最終頁に続く	
(32) 優先日	平成11年10月8日 (1999.10.8)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体

## (57) 【要約】

【課題】 良好な熱安定性及びSNRを維持する一方で、超高密度記録をサポートする磁気記録媒体を提供すること。

【解決手段】 データ記憶装置の磁気記録媒体が、非強磁性スペーサ膜を介して互いに反強磁性的に結合される少なくとも2つの強磁性膜を有する磁気記録層を使用する。2つの反強磁性的に結合される膜の磁気モーメントが逆平行に向けられ、記録層の残留磁気 ( $M_r$ ) と厚さ ( $t$ ) との正味の積 ( $M_r t$ ) が、2つの強磁性膜の  $M_r t$  値の差となる。 $M_r t$  のこの減少は、記録媒体の熱安定性の低下無しに達成される。なぜなら、反強磁性的に結合される膜内の粒子の体積が、建設的に増加するからである。媒体はまた、低減された反磁場により、大変鋭い磁気遷移の達成を可能にし、それにより媒体のより高度なビット線密度が獲得される。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】 基板と、

基板上にあって、第 1 の強磁性膜と、第 1 の強磁性膜上の非強磁性スペーサ膜と、スペーサ膜上の第 2 の強磁性膜とを含み、第 2 の強磁性膜がスペーサ膜を介して第 1 の強磁性膜と反強磁性的に交換結合される磁気記録層とを含む、磁気記録媒体。

【請求項 2】 第 2 の強磁性膜上の第 2 の非強磁性スペーサ膜、及び第 2 のスペーサ膜上の第 3 の強磁性膜を含み、第 3 の強磁性膜が第 2 のスペーサ膜を介して第 2 の強磁性膜と反強磁性的に交換結合される、請求項 1 記載の磁気記録媒体。

【請求項 3】 第 1 の強磁性膜が厚さ  $t_1$  及び磁化  $M_1$  を有し、第 2 の強磁性膜が厚さ  $t_2$  及び磁化  $M_2$  を有し、第 1 及び第 2 の強磁性膜の単位面積当たりの磁気モーメントそれぞれ ( $M_1 \times t_1$ ) 及び ( $M_2 \times t_2$ ) が互いに異なる、請求項 1 記載の磁気記録媒体。

【請求項 4】 第 1 及び第 2 の強磁性膜が同一の材料から形成され、 $t_1$  が  $t_2$  と異なる、請求項 3 記載の磁気記録媒体。

【請求項 5】 第 1 及び第 2 の強磁性膜が異なる材料から形成され、 $t_1$  及び  $t_2$  が実質的に同一の厚さである、請求項 3 記載の磁気記録媒体。

【請求項 6】 スペーサ膜がルテニウム (Ru)、クロム (Cr)、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、銅 (Cu)、及びそれらの合金を含むグループから選択される材料から形成される、請求項 1 記載の磁気記録媒体。

【請求項 7】 第 1 及び第 2 の強磁性膜が Co、Fe、Ni、及びそれらの合金から選択される材料から形成される、請求項 1 記載の磁気記録媒体。

【請求項 8】 第 1 の強磁性膜が、第 1 の強磁性膜とスペーサ膜との界面に配置されるコバルトから形成される界面膜を含む、請求項 1 記載の磁気記録媒体。

【請求項 9】 第 2 の強磁性膜が、第 2 の強磁性膜とスペーサ膜との界面に配置されるコバルトから形成される界面膜を含む、請求項 1 記載の磁気記録媒体。

【請求項 10】 基板上にあって、基板と磁気記録層との間に配置される基層を含む、請求項 1 記載の磁気記録媒体。

【請求項 11】 磁気記録層上に形成される保護オーバーコートを含む、請求項 1 記載の磁気記録媒体。

## 【請求項 12】 基板と、

基板上の基層と、  
基層上にあって、第 1 のコバルト合金強磁性膜と、ルテニウム (Ru)、クロム (Cr)、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、銅 (Cu)、及びそれらの合金を含むグループから選択される材料から成り、第 1 の強磁性膜上にそれと接触して形成される非強磁性スペーサ膜と、スペーサ膜上にそれと接触して形成される第 2 のコ

バルト合金強磁性膜とを含み、スペーサ膜が第 2 の強磁性膜がスペーサ膜を介して第 1 の強磁性膜と反強磁性的に交換結合するのに十分な厚さを有する磁気記録層と磁気記録層上に形成される保護オーバーコートとを含む、磁気記録ディスク。

【請求項 13】 第 1 の強磁性膜が、各々が複数の粒子を含む複数の磁区を有する粒状膜であり、第 2 の強磁性膜が、各々が複数の粒子を含む複数の磁区を有する粒状膜であり、第 2 の強磁性膜内の磁区の磁気モーメントが直接前記スペーサ膜を介して、第 1 の強磁性膜内の関連付けられる磁区の磁気モーメントに逆平行に反強磁性的に結合される、請求項 12 記載の磁気記録ディスク。

【請求項 14】 第 2 の強磁性膜上にそれと接触して形成される第 2 の非強磁性スペーサ膜と、第 2 のスペーサ膜上にそれと接触して形成される第 3 の強磁性膜とを含み、第 2 のスペーサ膜の厚さが、第 3 の強磁性膜が第 2 のスペーサ膜を介して第 2 の強磁性膜と反強磁性的に交換結合するのに十分である、請求項 12 記載の磁気記録ディスク。

【請求項 15】 第 1 の強磁性膜が厚さ  $t_1$  及び磁化  $M_1$  を有し、第 2 の強磁性膜が厚さ  $t_2$  及び磁化  $M_2$  を有し、第 1 及び第 2 の強磁性膜の単位面積当たりの磁気モーメントそれぞれ ( $M_1 \times t_1$ ) 及び ( $M_2 \times t_2$ ) が互いに異なる、請求項 12 記載の磁気記録ディスク。

【請求項 16】 第 1 及び第 2 の強磁性膜が同一の材料から形成され、 $t_1$  が  $t_2$  と異なる、請求項 15 記載の磁気記録ディスク。

【請求項 17】 第 1 及び第 2 の強磁性膜が異なる材料から形成され、 $t_1$  及び  $t_2$  が実質的に同一の厚さである、請求項 15 記載の磁気記録ディスク。

【請求項 18】 第 1 の強磁性膜が、第 1 の強磁性膜とスペーサ膜との界面に配置されるコバルトから形成される界面膜を含む、請求項 15 記載の磁気記録ディスク。

【請求項 19】 第 2 の強磁性膜が、第 2 の強磁性膜とスペーサ膜との界面に配置されるコバルトから形成される界面膜を含む、請求項 15 記載の磁気記録ディスク。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は一般に磁気記録媒体に関し、特に、熱的に安定な高密度媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】 ハード・ディスク・ドライブ内の磁気記録ディスクなどの従来の磁気記録媒体は、一般に、スパッタ付着されたコバルト・プラチナ (CoPt) 合金などの粒状の強磁性層を記録媒体として使用する。磁性層内の各磁区は、多くの小さな磁気粒子から形成される。磁区間の遷移は記録データの"ビット"を表す。IBM の米国特許第 4789598 号及び第 5523173 号は、このタイプの従来の剛性ディスクについて述べている。

【0003】磁気記録ディスクの記憶密度が増加すると、残留磁気 $M_r$ （強磁性材料の単位体積当たりの磁気モーメント）と磁性層の厚さ $t$ との積が減少する。同様に、磁性層の保磁力場（coercive field）または保磁力（ $H_c$ ）が増加する。これは $M_r t / H_c$ の比率の減少につながる。 $M_r t$ の減少を達成するために、磁性層の厚さ $t$ が減少され得るが、これにも限界がある。なぜなら、小さな磁気粒子の熱活性化（超常磁性効果）に起因して、磁性層の磁気崩壊が次第に増すからである。磁気粒子の熱安定性は、大体において $K_u V$ により決定される。ここで $K_u$ は磁性層の磁気異方性定数であり、 $V$ は磁気粒子の体積である。磁性層の厚さが減少すると、 $V$ は減少する。磁性層の厚さが余りに薄いと、通常のディスク・ドライブ動作条件では記憶磁気情報がもはや安定でなくなる。

【0004】この問題の解決のための1つのアプローチは、より高度な異方性材料（高い $K_u$ ）に移行することである。しかしながら、 $K_u$ の増加は、保磁力 $H_c$ （これは $K_u / M_r$ にほぼ等しい）が従来の記録ヘッドにより書込めないほど大きくなるポイントにより制限される。類似のアプローチでは、磁性層の固定の厚みに対して、 $M_r$ を減少するが、これもまた書込まれ得る保磁力により制限される。別の解決策は、粒子間交換を増加することにより、磁気粒子の有効磁気体積 $V$ を増加する。しかしながら、このアプローチは、磁性層の本質的な信号対雑音比（SNR）にとって有害であることが判明している。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】従って、良好な熱安定性及びSNRを維持する一方で、超高密度記録をサポートする磁気記録媒体が待望される。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、磁気記録層が、非強磁性スペーサ膜を介して互いに反強磁性的に結合される少なくとも2つの強磁性膜から形成される。2つの反強磁性的に結合される膜の磁気モーメントが逆平行に向けられ、記録層の残留磁気と厚さとの正味の積（ $M_r t$ ）が、2つの強磁性膜の $M_r t$ 値の差となる。 $M_r t$ のこの減少は、記録媒体の熱安定性の低下無しに達成される。なぜなら、反強磁性的に結合される膜内の粒子の体積が建設的に増加するからである。媒体はまた、低減された反磁場により、大変に鋭い磁気遷移の達成を可能にし、それにより媒体のより高度なビット線密度が獲得される。1実施例では、磁気記録媒体が2つの強磁性膜を含み、各々はスパッタ付着された $\text{CoPtCrB}$ 合金の粒状膜であり、2つの $\text{CoPtCrB}$ 膜間の反強磁性交換結合を最大化する厚さを有する $\text{Ru}$ スペーサ膜により分離される。強磁性膜の一方は、他方よりも厚く形成されるが、厚さはゼロ印加磁場の下で、正味の磁気モーメントが低く、但しゼロではなく維持される

ように選択される。

#### 【0007】

【発明の実施の形態】本発明の磁気記録媒体は、1つ以上の非強磁性スペーサ膜により、隣接する強磁性膜に反強磁性（AF）的に交換結合される2つ以上の強磁性膜から形成される記録層を有する。これが図1に示され、記録層10は非強磁性のスペーサ膜16により分離される2つの強磁性膜12、14から形成される。非強磁性スペーサ膜16の厚さ及び組成は、隣接する膜12、14の磁気モーメント22、24が、それぞれ非強磁性スペーサ膜16を介してAF結合され、ゼロ印加磁場の下で逆平行になるように選択される。

【0008】非強磁性遷移金属スペーサ膜を介する強磁性膜のAF結合は、文献において広く研究され、また述べられている。一般に、交換結合はスペーサ膜の厚さを増すにつれ、強磁性から反強磁性に振動する。選択された材料の組み合わせにおけるこの振動性結合関係が、Parkinらにより“Oscillations in Exchange Coupling and Magnetoresistance in Metallic Superlattice Structures: Co/Ru, Co/Cr and Fe/Cr”, Phy. Rev. Lett., Vol. 64, p. 2034 (1990) で述べられている。材料組み合わせには、Co、Fe、Ni及びそれらの合金、例えばNi-Fe、Ni-Co及びFe-Coから形成される強磁性膜と、ルテニウム（Ru）、クロム（Cr）、ロジウム（Rh）、イリジウム（Ir）、銅（Cu）、及びそれらの合金などの非強磁性スペーサ膜とが含まれる。各こうした材料組み合わせに対して、振動性交換結合関係が知れていない場合、それが決定されなければならない。従って、非強磁性スペーサ膜の厚さが2つの強磁性膜間の反強磁性結合を保証するように選択される。振動の周期は非強磁性スペーサ材料に依存するが、振動性結合の強度及び位相は、強磁性材料及び界面の良質性に依存する。強磁性膜の振動性反強磁性結合は、スピンバルブ・タイプの巨大磁気抵抗（GMR）記録ヘッドにおいて、連続的に磁化される反強磁性結合膜を設計するために使用され、それらの磁気モーメントは、ヘッドの動作中に強固に逆平行に結合される。これらのタイプのスピンバルブ構造については、例えばIBMの米国特許第5408377号及び第5465185号で述べられている。米国特許第5465185号は、多くの市販のスピンバルブGMRヘッドで使用される構造、すなわち磁気モーメントがヘッドの動作中に強固に結合されて、静的に維持される強磁性膜を有する積層逆平行ピン止め強磁性層について述べている。

【0009】膜12、14は、それぞれ磁気モーメント値 $M_{r1}t_1$ 及び $M_{r2}t_2$ を有する。（残留磁気 $M_r$ は、強磁性材料の単位体積当たりの磁気モーメントとして表される。積 $M_r t$ は、厚さ $t$ の磁性層の単位面積当たりの磁気モーメントである。）このAF結合構造において、隣接する膜12、14の磁気モーメント22、24

のそれぞれの方向は逆平行に整列され、従って破壊的に増加して、複合層10の磁気モーメントを低減する。矢印22、24は、AF結合膜16を介して、互いに直接上下に配置される個々の磁区の磁気モーメント方向を表す。印加磁場が不在の下で、強磁性膜14が媒体基板上に付着されるとき、それは粒状構造を有し、複数の隣接粒子が一緒に結合されて単一の磁区を形成する。印加磁場が存在する場合、強磁性膜14内のこれらの磁区の磁気モーメントは、本質的にランダムに向けられる。次に、スペーサ膜またはAF結合膜16が、強磁性膜14の真上に正確な厚さで付着される。次に、第2の強磁性膜12が、AF結合膜16の真上に付着される。強磁性膜12の粒子が成長するとき、それらは磁区を形成し、それらの磁気モーメントは、AF結合膜16の反対側の強磁性膜14の磁気モーメントと逆平行である。

【0010】強磁性材料のタイプ及び強磁性膜12、14の厚さ $t_1$ 、 $t_2$ は、ゼロ印加磁場の下で、正味の磁気モーメントが低く、但し非ゼロに維持されるように選択される。図1に示されるケースでは、構造の $Mrt$ は $Mr_1t_1 - Mr_2t_2$ により与えられる。好適な実施例では、 $Mr_1t_1$ は $Mr_2t_2$ よりも大きくあるべきである。これは2つの膜12、14として同一の強磁性材料を使用し、 $t_1$ を $t_2$ よりも大きくすることにより、或いは2つの膜として異なる強磁性材料を使用し、2つの強磁性膜の磁化（材料の単位体積当たりの磁気モーメント）を異ならせることにより達成される。図1は単一のスペーサ膜16を有する2膜構造を示すが、本発明は複数のスペーサ膜及び複数の強磁性膜を有する構造に拡張され得る。

【0011】本発明は、強磁性材料の単一層として形成される磁性層に勝る多数の利点を有する。超薄型の磁性層または低磁化合金を使用することなく、低残留磁気を獲得され得る。これは前述の熱不安定性及び書込みの困難さの問題を回避する。例えば、図1の磁性層を膜12だけから形成される単層と比較するとき、AF結合強磁性膜14の追加は、膜12の厚さ及び磁化のいずれも低減することなく、複合構造の正味の磁気モーメントを低減する。

【0012】単一の磁性層と比較して、複合構造の改善された熱安定性が得られる。なぜなら、両方の膜12及び14内の粒子の異方性が実質的に単軸であり、従って、たとえ膜12、14の磁気モーメントが逆平行であっても、建設的に増加するからである。結合系の結果的な安定性パラメータ $K_uV$ は、 $K_{u1}V_1 < K_uV < (K_{u1}V_1 + K_{u2}V_2)$ により与えられる。ここで $K_{u1}V_1$ 及び $K_{u2}V_2$ は、それぞれ膜12、14内の典型的な粒子の異方性エネルギーである。複合安定性パラメータ $K_uV = K_{u1}V_1 + K_{u2}V_2$ の上限は、膜12及び14内の磁気粒子が強く結合されて、共通の異方性軸方向を共有するときに達成される。熱安定性を決定する複合構造（層1

0）の磁気体積 $V$ は、膜12及び14内で交換結合される粒子の体積の和にほぼ等しく、層10の磁気モーメントは、膜12、14の個々の磁気モーメントの差である。2つの強磁性膜間の反強磁性結合は、複合構造の正味の $Mrt$ 値を低減する一方で、有効な膜の厚さを増加する機構を提供する。このように、強磁性膜は非常に小径の粒子を含み、熱安定性を維持する。

【0013】磁気遷移が記録または書込まれる本発明に従うAF結合媒体が、図2に概略的に示される。プラス（+）及びマイナス（-）記号は、遷移から生じる磁極を表す。AF結合媒体の表面上10nmの地点の計算された水平磁場（ $H_x$ ）が、図3においてX方向の、すなわち遷移からのダウントラック位置の関数として示される。2つの膜12、14の磁気モーメント及び厚さ値、並びにAF結合層の $Mrt$ の計算結果が、図3に示される。比較のために、図3はまた、類似の $Mrt$ を有する単層（SL）媒体内の遷移から生じる水平磁場のモデル計算を示す。ここで厚さ値（ $t_1$ 及び $t_2$ ）は、AF結合媒体におけるピーク水平磁場が、SL媒体と比較して同一になるように選択される。AF結合媒体内の強磁性材料の合計の厚さは、2.7倍の厚さを有する。従って、AF結合媒体はSL媒体よりも熱的に安定であるはずである。ダウントラック方向の水平磁場プロファイルは、AF結合媒体ではより速く減衰し、結果的に鋭い遷移となる。これはSL媒体の場合よりも、遷移がより近い間隔で獲得されることを示し、従って媒体の高いビット線密度を可能にする。図3では示されていないが、計算結果はまた、AF結合媒体内の遷移からの反磁場が、SL媒体内でより速く減少することを示した。更に、反磁場の大きさ及び符号は、媒体内のY位置（図3参照）に依存する。従って、媒体内の特定のY位置において反磁場がゼロに減少する。ここで小さな反磁場は望ましい。なぜなら、それらは他の遷移に影響して、遷移自体を消磁するからである。

【0014】本発明は強磁性膜として、従来のCoPtCrB水平記録媒体合金を用いて立証された。そのサンプル構造が図4に示される。この構造は、従来のスパッタ付着装置及びプロセスを用いて形成された。構造を形成する膜は、ニッケル-リン（NiP）表面被覆を有するAlMgディスク・ブランクの基板上に付着されるCr基層上に、約200℃の基板温度において成長された。強磁性膜はCoPtCrBであり、図1の膜12に対応する頂部膜（12nm）は、図1の膜14に対応する底部強磁性膜（7nm）よりも厚い。非強磁性スペーサ膜は、0.6nmのRu膜である。単層媒体同様、媒体雑音を低減するために、孤立磁気粒子を有する粒状強磁性材料を使用することが有利である。Ru膜の厚さは、振動性結合関係における第1の反強磁性ピークに相当するように選択された。この例では、各CoPtCrB強磁性膜が、Ru膜との界面において、本質的に0.

5 nmのCoから形成される界面膜を含む。これらの超薄型Co膜は、強磁性膜とRu膜間の界面モーメントを増加させ、改善された反強磁性結合を生成する。しかしながら、反強磁性交換結合は、CoPtCrB強磁性膜内にCo界面膜を組み込むことなく、立証された。

【0015】図5は、図4の構造において、 $T=350^{\circ}\text{K}$ で測定された主ヒステリシス・ループ（実線）及び残留ヒステリシス・ループ（破線）を示す。最初に残留ヒステリシス・ループを参照すると、これは最初にAF結合層を正磁場内で飽和させ、次に徐々に増加する逆の負磁場を印加し、負の磁場が印加された後に、層内の残留モーメントを測定することにより獲得される。残留ループは、残留モーメント対逆方向磁場の大きさのプロットである。このサンプルでは、残留ループは室温において、 $M_{rt}=0.21$ 、残留保磁力場 $H_{cr}=3.2\text{ kOe}$ 、及び $S'=0.92$ を示す。ここで $S'$ は $H_{cr}$ における残留ループの傾きの測定である。それにひきかえ、同一のCoPtCrB合金の同様に成長された15 nmの単層は、室温において $M_{rt}=0.38$ 、 $H_{cr}=2.4\text{ kOe}$ 、及び $S'=0.76$ の特性を有する。従って、AF結合媒体は磁性層の大きな合計の厚さにより、極めて低い $M_{rt}$ の達成を可能にする。

【0016】次に図5の主ヒステリシス・ループを参照すると、水平矢印の対は、ヒステリシス・ループ内の異なるポイントにおける、AF結合層内の強磁性膜の方向を示す。印加磁場は正方向に増加される（矢印30、32）。大きな印加磁場（ $>3000\text{ Oe}$ ）では、反強磁性結合は克服されて、2つの強磁性膜の磁気モーメントは両方とも印加磁場に平行である（矢印42、44）。印加磁場が低下すると（矢印34）、より薄い底部強磁性膜の磁気モーメントが反転して、厚い頂部強磁性膜の磁気モーメント及び印加磁場に逆平行となり（矢印52、54）、正味の磁気モーメントが低下する。このスイッチは大ざっぱに言って、Ru膜を介する結合に起因して、底部膜により感じ取られる交換場（ $H_{ex2}=2000\text{ Oe}$ ）において発生する。 $H_{ex2}$ の値は $H_{ex2}=J_{ex}/M_2t_2$ であり、ここで $J_{ex}$ はRuスペーサ層を介する反強磁性界面結合エネルギー密度であり、 $M_2$ 及び $t_2$ は、それぞれ底部強磁性膜の磁化及び厚さである。強磁性膜の逆平行アライメントの実現のために、 $H_{ex2}$ が底部強磁性膜を反転するために要求される保磁力場（ $H_{c2}$ ）を超えることが要求される。ここで $H_{c2}$ は、頂部強磁性膜との交換相互作用が存在しないと仮定すると、底部膜の保磁力場である。従って、底部膜、並びにAF結合膜の磁気特性及び厚さは、 $H_{ex2}>H_{c2}$ を維持するように設計されなければならない。

【0017】正磁場内での飽和後の残留状態は、磁場方向に平行な頂部強磁性膜の磁気モーメント（矢印52）と、正磁場方向に逆平行の底部強磁性膜の磁気モーメント（矢印54）とにより与えられる。逆印加磁場（矢印

36）では、頂部強磁性膜の磁気モーメントが反転して、両方の膜の磁気モーメントが平行になり、負の飽和状態に整列されるまで（矢印62、64）、磁気状態は安定である。頂部強磁性膜の磁気モーメントのスイッチングは、AF結合層の保磁力場を決定し、 $H_c=H_{ex1}+H_{c1}$ により与えられる。ここで $H_{ex1}$ は頂部強磁性膜に作用する交換場であり（ $H_{ex1}=J_{ex}/M_1t_1$ ）、 $H_{c1}$ は底部強磁性膜との相互作用が存在しないと仮定する場合、頂部強磁性膜の保磁力場である。従って、頂部強磁性膜及びAF結合膜の特性は、複合構造の $H_c$ をヘッドの期待書き込み磁場以下に維持するように設計されなければならない。この例では、1つの残留状態（矢印52、54）から次の残留状態（矢印72、74）へ至る経路が、2つの膜の磁気モーメント（矢印62、64）が平行となる中間状態を通過する。従って、スピンバルブGMR記録ヘッドで使用されるAF結合構造とは対照的に、本発明に従う媒体内の強磁性膜の磁気モーメントは、AF結合膜を介して強固に結合されない。なぜなら、媒体上への書き込みのために、結合が克服されなければならないからである。図5のヒステリシス・ループは、AF結合層の所望の特徴、すなわち飽和磁化に相対的な低残留磁気を表す。

【0018】従来の水平記録ヘッドを用いて、AF結合層の記録性能テストを実施した。信号対雑音比測定の結果、1 mm当たり9500磁束変化（fc/mm）において、31.9 dBの媒体 $S_0\text{NR}$ が判明した。ここで $S_0$ は孤立パルス振幅であり、Nは9500 fc/mm記録密度における総合媒体雑音である。これらの結果は、データ記憶装置としてのAF結合磁性層の実現可能性を立証する。

【0019】本発明に従うAF結合媒体はまた、片側または両側にCo界面膜を有する、或いはCoCr界面膜を有する、及びCoCrPtTa強磁性層を有する構造としても立証された。

【0020】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

【0021】（1）基板と、基板上にあって、第1の強磁性膜と、第1の強磁性膜上の非強磁性スペーサ膜と、スペーサ膜上の第2の強磁性膜とを含み、第2の強磁性膜がスペーサ膜を介して第1の強磁性膜と反強磁性的に交換結合される磁気記録層とを含む、磁気記録媒体。

（2）第2の強磁性膜上の第2の非強磁性スペーサ膜、及び第2のスペーサ膜上の第3の強磁性膜を含み、第3の強磁性膜が第2のスペーサ膜を介して第2の強磁性膜と反強磁性的に交換結合される、前記（1）記載の磁気記録媒体。

（3）第1の強磁性膜が厚さ $t_1$ 及び磁化 $M_1$ を有し、第2の強磁性膜が厚さ $t_2$ 及び磁化 $M_2$ を有し、第1及び第2の強磁性膜の単位面積当たりの磁気モーメントそれぞれ（ $M_1\times t_1$ ）及び（ $M_2\times t_2$ ）が互いに異な



る、前記(1)記載の磁気記録媒体。

(4) 第1及び第2の強磁性膜が同一の材料から形成され、 $t_1$ が $t_2$ と異なる、前記(3)記載の磁気記録媒体。

(5) 第1及び第2の強磁性膜が異なる材料から形成され、 $t_1$ 及び $t_2$ が実質的に同一の厚さである、前記(3)記載の磁気記録媒体。

(6) スペーサ膜がルテニウム(Ru)、クロム(Cr)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、銅(Cu)、及びそれらの合金を含むグループから選択される材料から形成される、前記(1)記載の磁気記録媒体。

(7) 第1及び第2の強磁性膜がCo、Fe、Ni、及びそれらの合金から選択される材料から形成される、前記(1)記載の磁気記録媒体。

(8) 第1の強磁性膜が、第1の強磁性膜とスペーサ膜との界面に配置されるコバルトから形成される界面膜を含む、前記(1)記載の磁気記録媒体。

(9) 第2の強磁性膜が、第2の強磁性膜とスペーサ膜との界面に配置されるコバルトから形成される界面膜を含む、前記(1)記載の磁気記録媒体。

(10) 基板上にあって、基板と磁気記録層との間に配置される基層を含む、前記(1)記載の磁気記録媒体。

(11) 磁気記録層上に形成される保護オーバコートを含む、前記(1)記載の磁気記録媒体。

(12) 基板と、基板上の基層と、基層上にあって、第1のコバルト合金強磁性膜と、ルテニウム(Ru)、クロム(Cr)、ロジウム(Rh)、イリジウム(Ir)、銅(Cu)、及びそれらの合金を含むグループから選択される材料から成り、第1の強磁性膜上にそれと接触して形成される非強磁性スペーサ膜と、スペーサ膜上にそれと接触して形成される第2のコバルト合金強磁性膜とを含み、スペーサ膜が第2の強磁性膜がスペーサ膜を介して第1の強磁性膜と反強磁性的に交換結合するのに十分な厚さを有する磁気記録層と磁気記録層上に形成される保護オーバコートとを含む、磁気記録ディスク。

(13) 第1の強磁性膜が、各々が複数の粒子を含む複数の磁区を有する粒状膜であり、第2の強磁性膜が、各々が複数の粒子を含む複数の磁区を有する粒状膜であり、第2の強磁性膜内の磁区の磁気モーメントが直接前記スペーサ膜を介して、第1の強磁性膜内の関連付けられる磁区の磁気モーメントに逆平行に反強磁性的に結合

される、前記(12)記載の磁気記録ディスク。

(14) 第2の強磁性膜上にそれと接触して形成される第2の非強磁性スペーサ膜と、第2のスペーサ膜上にそれと接触して形成される第3の強磁性膜とを含み、第2のスペーサ膜の厚さが、第3の強磁性膜が第2のスペーサ膜を介して第2の強磁性膜と反強磁性的に交換結合するのに十分である、前記(12)記載の磁気記録ディスク。

(15) 第1の強磁性膜が厚さ $t_1$ 及び磁化 $M_1$ を有し、第2の強磁性膜が厚さ $t_2$ 及び磁化 $M_2$ を有し、第1及び第2の強磁性膜の単位面積当たりの磁気モーメントそれぞれ( $M_1 \times t_1$ )及び( $M_2 \times t_2$ )が互いに異なる、前記(12)記載の磁気記録ディスク。

(16) 第1及び第2の強磁性膜が同一の材料から形成され、 $t_1$ が $t_2$ と異なる、前記(15)記載の磁気記録ディスク。

(17) 第1及び第2の強磁性膜が異なる材料から形成され、 $t_1$ 及び $t_2$ が実質的に同一の厚さである、前記(15)記載の磁気記録ディスク。

(18) 第1の強磁性膜が、第1の強磁性膜とスペーサ膜との界面に配置されるコバルトから形成される界面膜を含む、前記(15)記載の磁気記録ディスク。

(19) 第2の強磁性膜が、第2の強磁性膜とスペーサ膜との界面に配置されるコバルトから形成される界面膜を含む、前記(15)記載の磁気記録ディスク。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従い記録媒体内で反強磁性的(AF)に結合される磁気記録層の断面図である。

【図2】記録磁気遷移における強磁性膜の磁気モーメントの方向を示す、AF結合層の概略図である。

【図3】AF結合層及び単層(SL)媒体上の磁場の計算結果を、遷移からのダウントラック位置の関数として示すグラフである。

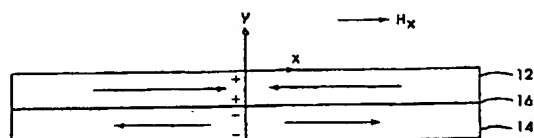
【図4】基板、下層、AF結合層内の膜、及び保護オーバコートを含む、本発明のディスク構造の断面図である。

【図5】図4のAF結合層を有する構造の磁気ヒステリシス・ループを示す図である。

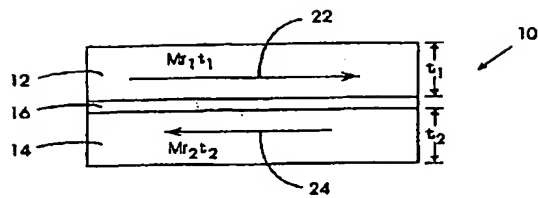
#### 【符号の説明】

12、14 強磁性膜  
16 非強磁性スペーサ膜  
22、24 磁気モーメント

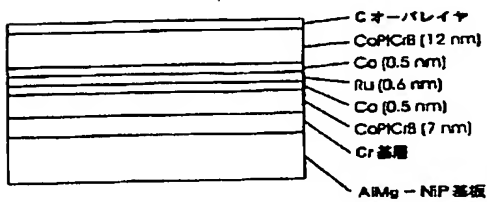
【図2】



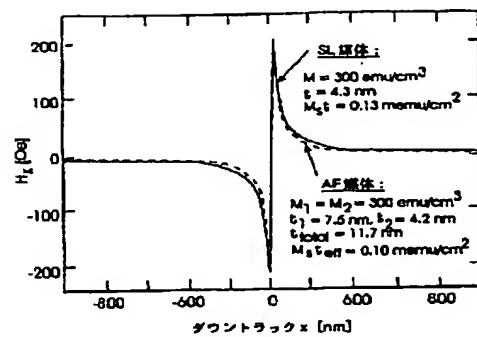
【図1】



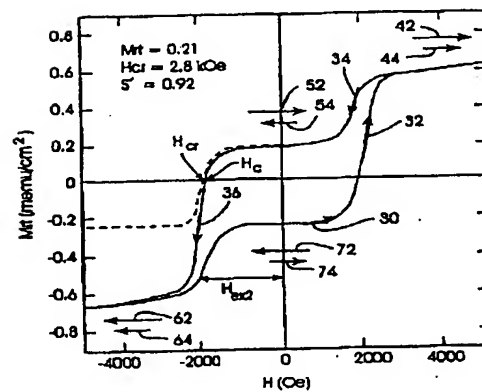
【図4】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 マシュー・ジョセフ・キャリー  
 アメリカ合衆国95132、カリフォルニア州  
 サン・ノゼ、ザ・ウッズ・ドライブ  
 3970、ナンバー 1319

(72)発明者 エリック・エドワード・フラートン  
 アメリカ合衆国95037、カリフォルニア州  
 モーガン・ヒル、クワイル・コート  
 17212

(72)発明者 ブルース・アルビン・ガーニー  
 アメリカ合衆国94901、カリフォルニア州  
 サン・ラフィール、オークモント・アベニ  
 ュー 85

(72)発明者 ハル・ジャービス・ローゼン  
 アメリカ合衆国95032、カリフォルニア州  
 ロス・ガトス、パイン・アベニュー  
 17131

(72)発明者 マンフレッド・エルンスト・スカベス  
 アメリカ合衆国95131、カリフォルニア州  
 サン・ノゼ、バーチメド・コート 1508